

ANTENA MONOPOLE SWA-BENTANG UHF UNTUK TTC (TELEMETRY, TRACKING, AND COMMAND) DAN ANTENA SUSUNAN PIFA UNTUK PEMANCAR S-BAND PADA NANO SATELIT

Christian Budi Eko Saputro¹, Heroe Wijanto², Agus Dwi Prasetyo³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹cbest.art@gmail.com, ²heroewijanto@telkomuniversity.ac.id, ³adprasetyo@telkomuniversity.ac.id

Abstrak.

Di tengah berkembangnya teknologi komunikasi jarak jauh dengan menggunakan satelit, Universitas Telkom bersama dengan Laboratorium Nanosatelit sedang mengembangkan sistem komunikasi satelit orbit rendah yang dinamakan Tel-U SAT 1 dengan ukuran satelit kelas nano (nano satelit). Untuk komunikasi antara *space segment* dan *ground segment*nya menggunakan TTC (Telemetry, Tracking, and Command). TTC menggunakan frekuensi UHF 437 MHz[1]. Agar dapat berkomunikasi maka antenna mutlak dibutuhkan.

Selain TTC, sebagai komunikasi Tel-U SAT 1 membawa sebuah misi yaitu remote sensing (penginderaan jarak jauh). Untuk membantu misi ini maka perlu sebuah *link bandwidth* untuk mengirimkan data yang sudah diproses oleh sensor satelit. Supaya memenuhi misi dari satelit diperlukan S-Band *Transmitter*. S-Band *Transmitter* menggunakan frekuensi radio amatir pada 2,35 GHz[1].

Dalam Tugas Akhir ini dirancang swa-bentang antenna untuk komunikasi TTC dan S-Band *Transmitter* yang berada pada satelit (*space segment*). Antena yang digunakan TTC adalah *monopole*, antena yang digunakan S-Band *Transmitter* susunan PIFA, dengan sistem swa-bentang antena di bagian TTC.

Setelah dirancang dan direalisasikan, maka didapatkan dua antena *monopole* dengan frekuensi 437 MHz, VSWR 1,18, *Gain* 3,82 dB, Polaradiasi *Omnidirectional*, Polarisasi *elips*. Sedangkan antena susunan PIFA memiliki frekuensi 2,35 GHz, VSWR 1,07, *Gain* 7,02 dB, Polaradiasi *Unidirectional*, Polarisasi LHCP. *Groundplane* dibuat dari bahan aluminium dengan ukuran 10x10x10 cm dengan tebal 1 mm.

Kata kunci : nano satelit, TTC, swa-bentang antena, monopole, susunan PIFA

Abstract.

In the middle of the communications technology long distance by satellite, Telkom University along with Nanosatellite Laboratory are trying to develop a communication system satellite in low orbit called Tel-U SAT 1 with size satellite class nano (nanosatellite). For communication between space segment and ground segmentnya use TTC (Telemetry, Tracking, and Command). TTC uses frequency UHF 437 MHz[1]. To be able to communicate so antenna absolute needed.

Besides TTC, as communication Tel-U SAT 1 bring a mission that is remote sensing (sensing a distance). To help this mission we need to a link bandwidth to send data who has been preceded by the sensors satellite. To reach goal of the mission of satellite required S-band transmitter. S-band transmitter uses frequency amateur radio in 2,35 GHz[1].

In this Final Project, deployable antenna designed for communication TTC and S-band transmitter in the satellite (space segment). An antenna used TTC is monopole, an antenna used S-band transmitter PIFA array, with the system deployable antenna at TTC.

After designed and realized, then obtained two monopole antennas have frequency at 437 MHz, VSWR 1,18, Gain 3,82 dB, omnidirectional radiation pattern, elips polarization. While having PIFA array antenna has frequency at 2,35 GHz, VSWR 1,07, Gain 7,02 dB, unidirectional radiation pattern, LHCP polarization. Groundplane made of aluminum material with size 10x10x10 cm with thick 1 mm.

Keywords: nanosatellite, TTC, deployable antenna, monopole, PIFA array

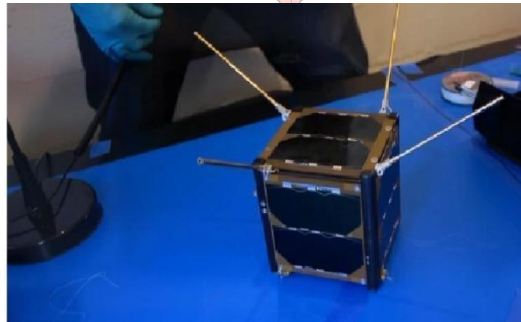
1. Pendahuluan

Teknologi Nanosatelit adalah salah satu teknologi komunikasi dengan proses pengembangan yang pesat di dunia. Dengan ukuran satelit nano yang massa 1 – 10 kg ini menjadi salah satu terobosan komunikasi jarak jauh yang cocok untuk Indonesia. Nanosatelit untuk sekarang ini banyak dikembangkan universitas di Indonesia maupun luar negeri. Salah satu yang sedang mengembangkan teknologi nanosatelit adalah Universitas Telkom bersama dengan Laboratorium Nanosatelit yang melakukan riset TEL-U SAT menggunakan ukuran payload 1U(10x10x10 cm). Satelit tersebut orbit lintasan berada di LEO (*Low Earth Orbit*) sekitar 300-1500 km diatas permukaan bumi. Pada sistem komunikasi satelit secara umum dibagi menjadi *ground segment* (stasiun bumi) dan *space segment* (satelit). Salah satu bagian dari *space segment* adalah RF (Radio Frequency) yang terbagi lagi menjadi APRS, TTC, S-Band.

2. Dasar Teori

2.1 Nano Satelit

Untuk nano satelit sendiri memiliki ukuran U dimana nilainya 10 cm setiap kelipatannya. Misal untuk nano satelit yang akan dirancang ini menggunakan ukuran 1U (10x10x10 cm). Nano satelit memiliki subsistem antara lain: ADCS (*Attitude Determination and Control System*) berfungsi untuk mengamati sifat orbit satelit dengan mengontrol satelit pada orbitnya, EPS (*Electrical Power System*) berfungsi sebagai penyalur daya yang dibutuhkan dari masing-masing sistem nano satelit, OBDH (*On Board Data Handling*) berfungsi sebagai otak dari misi satelit yang akan dikerjakan, RF (*Radio Frequency*) berfungsi sebagai media transmisi yang akan digunakan satelit untuk berkomunikasi dari *space segment* dan *ground segment*. Dari setiap subsistem tersebut saling terhubung untuk saling mendukung komunikasi satelit dan misi yang akan dilaksanakan. Untuk komunikasi nano satelit menggunakan TTC (*Telemetry, Tracking & Command*) dan pemancar S-Band[19]. Contoh satelit nano ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Nano satelit LAPAN

2.2 Antena Swa-bentang Monopole UHF Untuk TTC

Antena swa-bentang adalah antena yang menggunakan mekanisme *deploy* atau swa- bentang pada kondisi tertentu yang bertujuan agar antena bisa berfungsi dengan baik. Antena swa-bentang biasanya digunakan pada aplikasi satelit dengan antena yang memiliki frekuensi kerja di UHF dan VHF. Karena menggunakan frekuensi kerja UHF maka antena yang didapatkan memiliki panjang yang lumayan besar karena pada umumnya antena yang digunakan pada *space segment* adalah antena *monopole*. Seperti Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Antena Monopole

2.2.1 Dimensi Antena Monopole [2]

$$\text{Panjang gelombang}[\lambda]: \quad \lambda = \frac{c}{f} \quad (2.1)$$

$$\text{Panjang antena monopole:} \quad L = \frac{1}{4} \lambda \quad (2.2)$$

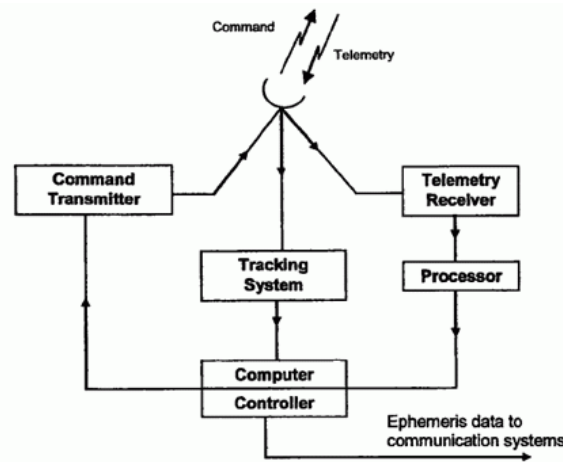
Keterangan : λ = panjang gelombang (m)

c = cepat rambat cahaya (m/s)

L = panjang antena (m)

2.2.2 Telemetry, Tracking and Command (TTC)

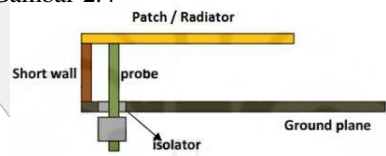
Telemetry Tracking dan *Command* adalah salah satu subsistem yang penting dalam sistem komunikasi satelit. *Telemetry* berfungsi untuk pengukuran jarak jauh pada satelit, *Tracking* berfungsi untuk pelacakan posisi letak satelit, dan *Command* berfungsi untuk memberikan perintah pada satelit. Untuk bagan proses TTC dapat dilihat di Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Bagan proses TTC

2.3 Susunan Antena PIFA untuk pemancar S-Band

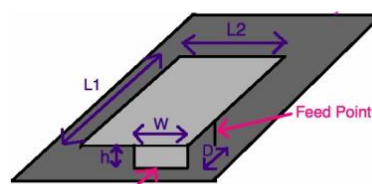
Definisi dari susunan antena adalah susunan dari beberapa antena yang identik sehingga membentuk spesifikasi baru yang berbeda dengan antena *single*[8]. Untuk Tugas Akhir ini antena PIFA akan disusun secara *array*. Tujuan dari dibuat konfigurasi antena susunan PIFA adalah agar meningkatkan nilai *gain*, direktivitas, dan efisiensi dari antena PIFA. Karena elemen tunggal mempunyai karakteristik sudut beam yang lebar, membuat kurang cocok untuk komunikasi *point to point* yang memerlukan *gain* besar. Maka dari itu, elemen tunggal sangat tidak direkomendasikan untuk komunikasi *point to point*. Lebih penting lagi, dengan membuat teknik *array* antena mendapatkan polarisasi *circular* sebagai salah satu syarat komunikasi satelit pada orbit LEO. Untuk mendapatkan polarisasi *circular* adalah dengan cara memberikan fasa yang berbeda 90° di setiap antena yang mempunyai polarisasi *linear*. Jadi dengan penggabungan polarisasi *linear* ini diperoleh polarisasi *circular* [12]. Antena PIFA dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Antena PIFA[4]

2.3.1 Dimensi Antena PIFA[3]

Secara umum dimensi antena PIFA adalah antena monopol planar yang dibengkokkan kesamping guna mengurangi ukuran antenna, sehingga dimensi antena PIFA layaknya patch antena mikrostrip namun melayang diatas *groundplane*[10]. Antara *groundplane* dengan antena terhubung oleh sorting pin dan saluran pencatu atau feeder. Dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Dimensi PIFA

Keterangan:

- L1 = Panjang Antena PIFA
- L2 = Lebar Antena PIFA
- w = Lebar Sorting Pin
- h = Tinggi Antena PIFA
- D = Jarak antara feeder dengan sorting pin

1. Panjang Patch PIFA

Dalam menentukan panjang antenna dipengaruhi oleh hubungan nilai *W* atau lebar sorting pin dengan *L2* atau lebar PIFA[12],

$$\text{Jika nilai } W = L2 \quad \text{maka} \quad L1 + H = \frac{1}{4} l \quad (2.1)$$

$$\text{Jika nilai } W \ll L_2 \quad \text{maka} \quad L_1 + L_2 = \frac{1}{4} \lambda \quad (2.2)$$

2. Tinggi patch PIFA

Untuk mendapatkan nilai dimensi H atau tinggi PIFA diperoleh dari rumus [12],

$$H = 0,135 \lambda \quad (2.3)$$

3. Dimensi Grounplane

Pada umumnya dimensi minimal untuk groundplane sebuah antenna PIFA bisa didapatkan dari rumus[12],

$$W_g = 0,3 \lambda \quad (2.4)$$

$$W_g = 0,18 \lambda \quad (2.5)$$

2.3.2 Pemancar S-Band

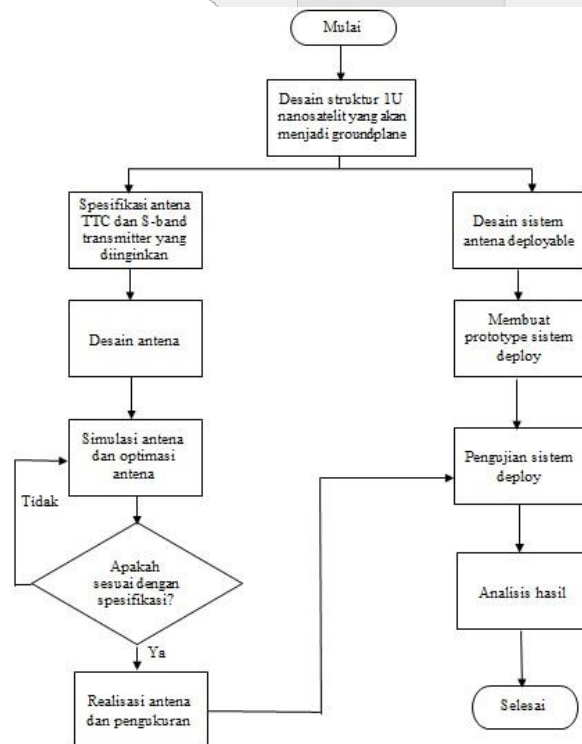
Pemancar S-Band atau S-Band *Transmitter* adalah sebuah perangkat pengirim data dengan frekuensi S-Band bekerja pada lingkup frekuensi 2-4 GHz. Fungsi dari S-Band *Transmitter* adalah untuk komunikasi satelit, sebagai link untuk mengirimkan data *remote sensing* yang menjadi akan misi dari satelit. Pada sistem komunikasi satelit biasanya digunakan frekuensi antara 1 sampai 30 GHz. Contoh modul pemancar S-Band dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Modul S-Band *Transmitter* ISIS

2.4 Diagram Alir Perancangan

Diagram alir menjelaskan tahapan-tahapan dalam perancangan tugas akhir ini. Tahapan-tahapan tersebut memiliki tujuan agar Tugas Akhir ini sesuai dengan yang diharapkan hingga analisis akhir perancangan. Diagram Alir dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Diagram Alir Perancangan

2.5 Spesifikasi Antena *Monopole* dan Antena Susunan PIFA

Spesifikasi Antena *Monopole*

1. Frekuensi Tengah : 437 MHz
2. *Bandwidth* : > 30 KHz
3. *Return Loss* : ≤ -14 dB
4. *VSWR* : $\leq 1,5$
5. Polaradiasi : *Omnidirectional*
6. *HPBW* : $74,88^\circ$
7. Polarisasi : *Linear*
8. *Gain* : ≥ 2 dB

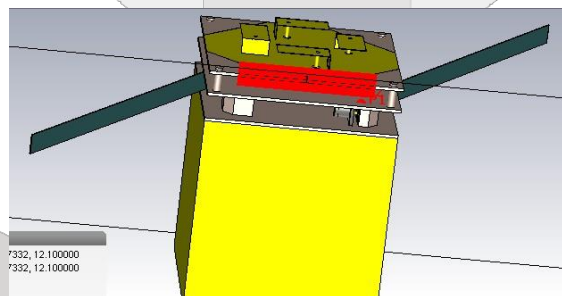
Spesifikasi Antena Susunan PIFA

1. Frekuensi Tengah : 2,35 GHz
2. *Bandwidth* : > 50 Mhz
3. *Return Loss* : ≤ -14 dB
4. *VSWR* : $\leq 1,5$
5. Polaradiasi : *Unidirectional*
6. *HPBW* : $74,88^\circ$
7. Polarisasi : LHCP
8. *Gain* : ≥ 4 dB

3. Perancangan

3.1 Desain Antena Susunan PIFA dan Antena Swa-bentang *Monopole*

Setelah mendesain dan simulasi antena susunan PIFA dan antena swa-bentang *monopole*, maka untuk mencapai hasil akhir dari simulasi dengan menggabungkan antena susunan PIFA dengan antena swa-bentang *monopole* dalam satu simulasi. Desain yang dibuat oleh penulis dengan meletakkan antena susunan PIFA di atas antena swa-bentang *monopole* seperti Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Desain Antena Susunan PIFA dan Antena Swa-bentang Monopole

3.2 Optimasi Antena Susunan PIFA dan Antena Swa-bentang *Monopole*

Setelah digabungkan ke dalam satu simulasi CST, terjadilah pergeseran frekuensi dari setiap antena karena pengaruh perubahan medan listrik dan frekuensi kerja antena yang berbeda. Maka perlunya dioptimasi dimensi setiap antena untuk memperoleh hasil yang diinginkan.

Tabel 3.1 Optimasi Dimensi Antena Susunan PIFA

Parameter	Dimensi sebelum optimasi (mm)	Dimensi sesudah optimasi (mm)	Keterangan
L1	25,9	27,8	Panjang PIFA
L2	14	14	Lebar PIFA
H1	6	7,9	Tinggi PIFA
X	5	5	Jarak feeder dengan pin

SI1	6,95	6,95	Lebar catuan utama
SI2	2,8	2,8	Lebar catuan kedua
SI3	1,4	1,4	Lebar catuan ketiga
Lp1	44,92	42,56	Panjang saluran pencatu PIFA1
Lp2	56,59	53,02	Panjang saluran pencatu PIFA2
Lp3	78,33	75,43	Panjang saluran pencatu PIFA3
Lp4	86,89	83,51	Panjang saluran pencatu PIFA4
H	1,6	1,6	Tinggi subtract
T	0,035	0,035	Tebal konduktor (tembaga)
R	1	1	Jari-jari kawat tembaga
A	25	25	Pemotongan sudut groundplane

Tabel 3.2 Optimasi Dimensi Antena Swa-bentang *Monopole*

Parameter	Sebelum optimasi	Sesudah optimasi	Keterangan
P	207,5 mm	205 mm	Panjang antena <i>monopole</i>
L	10 mm	10 mm	Lebar antena <i>monopole</i>
T	0,5 mm	0,5 mm	Tebal antena <i>monopole</i>

Tabel 3.3 Hasil Optimasi Antena Susunan PIFA

Parameter		Spesifikasi Awal	Sebelum Optimasi	Sesudah Optimasi
Return Loss	Frekuensi tengah	< -14 dB	-8,04 dB	-29,09 dB
	Frekuensi bawah	< -14 dB	-7,23 dB	-20,491 dB
	Frekuensi atas	< -14 dB	-12,557 dB	-19,951 dB
Axial Ratio	Frekuensi tengah	< 3 dB	12,14 dB	1,39 dB
	Frekuensi bawah	< 3 dB	14,52 dB	2,8 dB
	Frekuensi atas	< 3 dB	13,36 dB	2,3 dB
Bandwidth		>50 MHz	75,8 MHz	120 MHz
HPBW	Elevasi	74,88 ⁰	78,45 ⁰	72 ⁰
	Azimuth	74,88 ⁰	58,76 ⁰	86,35 ⁰
Gain		4 dB	5,8 dB	5,5dB
VSWR		< 1,5	1,23	1,15

Tabel 3.4 Hasil Optimasi Antena Swa-bentang *monopole*

Parameter		Spesifikasi Awal	Sebelum Optimasi	Sesudah Optimasi
Return Loss	452 MHz	< -14 dB	-14,18 dB	-17,94 dB
	437 MHz	< -14 dB	-17,44 dB	-27,84 dB
	422 MHz	< -14 dB	-14,24 dB	-18,32 dB
Axial Ratio	452 MHz	> 3 dB	28,75 dB	22,65 dB
	437 MHz	> 3 dB	31,97 dB	32,51 dB
	422 MHz	> 3 dB	32,47 dB	20,37 dB
HPBW	Elevasi	74,88 ⁰	78,45 ⁰	108,5 ⁰
	Azimuth	74,88 ⁰	58,76 ⁰	143,3 ⁰

<i>Bandwidth</i>	> 30 KHz	30 MHz	32 MHz
<i>VSWR</i>	$\leq 1,5$	1,3	1,08
<i>Gain</i>	≥ 2 dB	2,23 dB	2,19 dB

3.3 Realisasi Antena

Dalam Tugas Akhir ini tujuan utama adalah membuat realisasi antena yang sudah dirancang sebelumnya, untuk antena susunan PIFA dan antena swa-bentang *monopole* sudah memenuhi spesifikasi dalam pengukuran antena. Pengukuran antena yang dilakukan adalah pengukuran medan jauh dan dekat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari Buku Tugas Akhir ini.



Gambar 3.2 Realisasi Antena

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan perancangan dan realisasi maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Antena susunan PIFA dan antena swa-bentang *monopole* bekerja pada frekuensi yang diinginkan dari awal untuk antena susunan PIFA bekerja di 2,35 GHz dan antena swa-bentang *monopole* di 437 MHz.
2. Antena susunan PIFA dan antena swa-bentang *monopole* memiliki nilai *VSWR* dan *bandwidth* sesuai dengan spesifikasi perancangan awal.
3. Antena susunan PIFA memiliki polarisasi sesuai dengan spesifikasi awal, tetapi antena swa-bentang *monopole* tidak sesuai spesifikasi awal. Untuk antena susunan PIFA polarisasi *LHCP* dan antena swa-bentang *monopole* polarisasi *elips*.
4. Antena susunan PIFA dan antena swa-bentang *monopole* memiliki *gain* yang sesuai dengan spesifikasi awal yang berdasarkan perhitungan *link budget* untuk komunikasi nanosatelit Tel-U.
5. Sistem swa-bentang antena yang menggunakan sensor *pressure* tingkat ketelitian terkadang berubah, sehingga perlu di koding ulang untuk lokasi yang berubah juga.

Daftar Pustaka:

- [1] ORARI, "Pembagian dan Penggunaan Segment Band Frekuensi Amatir Radio (Bandplan)," 2009.
- [2] J. D. Krauss, *Antennas*. McGraw-Hill Book Company, 1988.
- [3] Firmansyah, Faisal. *Rancang Bangun Desain Antena PIFA untuk Penangkapan Daya Elektromagnetik Pada Frekuensi GSM 900MHz dan DCS 1800MHz dengan metode electromagnetic Harvesting*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November. 2010.
- [4] Dewi K, Mayang. *Rancang Bangun Dual Band Planar Inverted F Antena (PIFA) untuk Aplikasi Wimax 2.3 GHz dan 3.3 GHz*. Depok : Universitas Indonesia. 2009.
- [5] Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W., 1987, *Remote Sensing and Image Interpretation*, Sec. Ed., John Wiley and Sons, Inc. Toronto.
- [6] Cummings, Nathan P. *Low Profile Integrated GPS and Cellular Aantenna*. Thesis. Virginia: Virginia Polytechnic Institute and State University. 2001.
- [7] PIFA The Planar Inverted-F Antenna, Antenna Theori, www.antennatheory.com, diakses terakhir tanggal 3 Januari 2015.
- [8] Balanis, Constantine A. *Antenna Theory Analysis And Design Third Edition*. JWS. New Jersey. 2005.

- [9] Maral, G dan Bousquet, M, *Satellite Communication System (System, Technique and Technology) 2nd edition*, John Willey and Son, England. pp. 245-253
- [10] Marwa Shakeeb, A. Sebak. *Circularly Polarized Microstrip Antenna*. Thesis Concordia University Canada. 2010
- [11] Iskander, Magdy F. *Electromagnetic Fields and Waves*. University of Utah. United State of America.
- [12] Marais, Sarel Jacobus. *The Quadrifilar Helix Antenna and its Application to Wide Angle Phase-Steered Arrays*. South Africa : Universiteit Stellenbosch University. 2007
- [13] Achmad Dahlan, Erfan. *Perencanaan dan Pembuatan Antena Mikrostrip Array 2x2 pada Frekuensi 1575 MHz*. Jurnal EECCIS vol.III No. 1 Juni 2009
- [14] Chang, Kai, Inder Bahl, dan Vijay Nair. *RF and Microwave Circuit and Component Design for Wireless System*, John Wiley & Son. 2002
- [15] https://www.bosch-sensortec.com/bst/products/all_products/bmp180
- [16] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- [17] Circuit Todays. [Online]. <http://www.circuitstoday.com/working-of-relays>
- [18] Kanthal. [Online]. <http://www.kanthal.com/en/products/material-datasheets/ribbon-flatwire/nikrothal-80>
- [19] LAPAN. Pusat Teknologi Satelit. [Online]. <http://pusteksat.lapan.go.id>
- [20] Kurnia, Galih Fajar. PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA PIFA ARRAY POLARISASI SIRKULAR PADA FREKUENSI 2,35 GHz UNTUK APLIKASI RSPL NANO SATELIT. Tugas Akhir Universitas Telkom. 2015
- [21] <https://www.adafruit.com/product/1603>



Telkom
University